

État sexuel et axe gonadotrope hypothalamo-hypophysaire chez les trois espèces d'Anguilles de Tahiti (*Anguilla marmorata*, *A. megastoma* et *A. obscura*)

par Nadine LE BELLE, Sylvie DUFOUR, Gérard MARQUET,
Bernard KERDELHUÉ et Yves-Alain FONTAINE

Résumé. — Une quarantaine d'anguilles appartenant aux trois espèces *A. marmorata*, *A. megastoma* et *A. obscura* ont été capturées en octobre 1984 à Tahiti-Moorea. La majorité d'entre elles ont une livrée de type jaune ; parmi celles-ci, la plupart ont des gonades très peu développées avec un rapport gonadosomatique (RGS) inférieur à 0,1 %, et deux individus possèdent des ovaires avec un RGS de 0,5 %. Deux anguilles seulement présentent une livrée de type argentée : elles appartiennent à l'espèce *A. megastoma* et ont des ovaires encore immatures, mais avec un RGS de 1,22 % et 2,86 %. Les trois espèces possèdent une hormone gonadotrope hypophysaire (GTH) qui présente, dans le dosage radioimmunologique (RIA) de la GTH de carpe, les mêmes caractéristiques immunologiques que la GTH d'*A. anguilla*. Le contenu hypophysaire en GTH est faible (< 10 ng chez la majorité des individus et < 1 µg chez la totalité), et la GTH sérique est indétectable (< 0,2 ng/ml) : comme chez *A. anguilla*, cette faiblesse de l'activité gonadotrope doit être responsable de l'immaturité des gonades. Les trois espèces possèdent aussi une gonadolibérine (GnRH) qui montre, comme la GnRH d'*A. anguilla*, une réaction complète vis-à-vis de l'anticorps, dans un RIA de la GnRH mammalienne. La répartition et la concentration hypophysaire et cérébrale en GnRH ont pu être étudiées chez des animaux sexuellement très peu développés (RGS < 0,1 %), ce qui n'avait pas encore été réalisé dans le cas d'*A. anguilla* : les résultats sont semblables à ceux préalablement obtenus chez *A. anguilla* de RGS plus élevé, jaune ou argentée.

Abstract. — About forty eels comprising three species, *A. marmorata*, *A. megastoma* et *A. obscura*, were caught in October 1984, in Tahiti-Moorea. Most of them were classified as "yellow" eels ; the majority of which had very undeveloped gonads, with a gonadosomatic index (GSI) below 0.1 %, although two animals had ovaries with a GSI of 0.5 %. Only two were classified as "silver" eels : they belong to the *A. megastoma* species ; their ovaries were still immature, but with GSI of 1.22 % and 2.86 % respectively. In all three species, a pituitary gonadotropin (GTH) with similar antigenic properties to that of *A. anguilla* GTH was present and could be assayed in the same radioimmunoassay (RIA). Pituitary GTH content was low (< 10 ng in most of the eels and < 1 µg in all of them) and circulating GTH was undetectable (< 0.2 ng/ml) : this weak gonadotropic activity is probably responsible for gonadal immaturity, as in the case of *A. anguilla*. In the three species, a gonadotropin releasing hormone (GnRH) with similar antigenic properties to GnRH from *A. anguilla* and from mammals, was present and could be assayed by RIA. The distribution of GnRH in the brain and the pituitary was studied in animals with very undeveloped gonads (GSI < 0.1 %), a study yet to be carried out in *A. anguilla*. The distribution and levels of GnRH in the brain and the pituitary were similar to those found in yellow or silver *A. anguilla* with a higher GSI.

- N. LE BELLE, S. DUFOUR et Y. A. FONTAINE, *Laboratoire de Physiologie générale et comparée du Muséum national d'Histoire naturelle ; Laboratoire d'Endocrinologie comparée associé au CNRS, 7 rue Cuvier, 75231 Paris cedex 05.*
G. MARQUET, *Antenne du Muséum national d'Histoire naturelle et de l'École Pratique des Hautes Études, Centre de l'Environnement, B.P. 1013 Moorea, Polynésie Française.*
B. KERDELHUÉ, *Unité de Neurobiologie de la Reproduction, INRA-CNRS, 78350 Jouy-en-Josas.*

INTRODUCTION

À Tahiti, trois espèces d'anguilles ont été dénombrées dans des biotopes variés : *Anguilla marmorata* vit dans les rivières en aval des cascades, *Anguilla megastoma* se trouve en amont des cascades des rivières de montagne, ainsi que dans le lac Vaihiria, *Anguilla obscura* est l'anguille des eaux stagnantes, le plus souvent saumâtres (MARQUET, 1985, 1986). Si les caractéristiques systématiques, le peuplement sur l'île et le régime alimentaire de ces animaux font l'objet d'acquisitions récentes (MARQUET, 1986, 1987), aucune étude n'avait encore été réalisée sur la physiologie de ces anguilles et en particulier sur la fonction de reproduction.

Chez l'anguille européenne, *Anguilla anguilla*, les gonades sont immatures durant toute la période de vie sédentaire dans les eaux continentales (anguille jaune) et même au moment du départ pour la migration de reproduction vers la mer des Sargasses (anguille argentée). Les études endocriniennes, effectuées chez cette espèce, ont montré en particulier qu'une déficience dans la production d'hormone gonadotrope hypophysaire est responsable de ce blocage du développement des gonades tant que la migration de reproduction n'a pas lieu (FONTAINE *et al.*, 1964 ; FONTAINE *et al.*, 1976 ; DUFOUR, 1985, 1986).

Afin d'aborder l'étude de la fonction de reproduction chez les anguilles de Tahiti, nous avons, sur des individus des trois espèces capturés en octobre 1984, examiné l'aspect de la livrée ainsi que l'état des gonades et étudié l'activité de l'axe gonadotrope hypothalamo-hypophysaire, par les techniques de dosages hormonaux préalablement mises au point chez l'anguille européenne *Anguilla anguilla* (DUFOUR *et al.*, 1982, 1983).

ANIMAUX, MATÉRIEL ET MÉTHODES

Animaux

— 14 anguilles de l'espèce *A. marmorata* de poids compris entre 48 et 4300 g ont été pêchées électriquement en aval des cascades de la rivière Opunohu à Moorea.

— 13 anguilles de l'espèce *A. megastoma* de poids compris entre 57 et 1750 g ont été pêchées électriquement en amont des cascades d'un torrent situé à Variao au P.K. 14,5 de la presqu'île de Tahiti. Deux anguilles appartenant aussi à l'espèce *A. megastoma* (2564 et 5950 g) ont été capturées électriquement dans le lac de Vaihiria, dans les plantes aquatiques bordant les parois rocheuses abruptes du lac.

— 10 anguilles de l'espèce *A. obscura*, de poids compris entre 224 et 1126 g, ont été pêchées avec des appâts (abats de poissons) à la nasse ou à l'hameçon, dans une rivière d'eau saumâtre de la pointe Vénus à Tahiti.

Mesures et prélèvements

Différentes observations et mesures ont été effectuées, en particulier : couleur de la peau ;

état du pore génital ; poids du corps ; diamètre des yeux ; longueur totale du corps L, distance prédorsale D, distance préanale A, permettant le calcul du rapport $(A-D) \times 100/L$ qui détermine l'espèce (EGE, 1939).

Chez les plus grosses anguilles, une partie du sang a été ponctionnée à l'artère caudale et le reste recueilli après décapitation, alors que chez les petites anguilles (< 200 g), le sang a été directement obtenu après décapitation. Les sérums obtenus après coagulation du sang (12 heures à 4°C) et centrifugation ont été congelés et conservés à -30°C .

L'hypophyse de chaque anguille a été prélevée et immédiatement congelée à -30°C , de même que le cerveau qui a été séparé en trois parties selon le protocole établi pour *A. anguilla* (DUFOUR *et al.*, 1982 : partie 1 = lobes olfactifs et télencéphale ; partie 2 = di- et mésencéphale ; partie 3 = met- et myélencéphale).

Les gonades de toutes les anguilles ont été prélevées et pesées pour l'examen macroscopique et le calcul du rapport gonadosomatique ($\text{RGS} = \text{poids de gonades} \times 100/\text{poids du corps}$). Dans certains cas, un fragment de gonade a été fixé dans du Bouin aqueux, en vue de l'étude histologique en microscopie photonique, par la méthode de coloration de Cleveland-Wolf.

Un examen macroscopique du tractus digestif de chacune des anguilles a été effectué, qui permet d'affirmer que tous les animaux capturés se nourrissaient : nous avons, en particulier, identifié des chevrettes (crevettes d'eau douce) dans le système digestif des trois espèces d'anguilles, ainsi que des guppys et des larves de libellules chez les anguilles du lac de Vaihria dont ils constituent la majeure partie de la faune.

Dosages radioimmunologiques (RIA)

RIA de l'hormone gonadotrope (GTH)

La GTH est dosée dans l'hypophyse et le sérum. Les hypophyses sont extraites dans 1 ml de tampon phosphate de sodium 0,01M pH 7,5 par broyage au Miniturax ; les surnageants obtenus après centrifugation sont congelés jusqu'au RIA.

Extraits hypophysaires et sérums sont dosés dans le RIA de la sous unité β de la GTH de carpe, mis au point par BURZAWA-GÉRARD et KERDELHUÉ (1978) et validé pour le dosage de la GTH d'anguille européenne, *A. anguilla* (DUFOUR *et al.*, 1983). Le protocole et les caractéristiques du RIA ont été décrits précédemment ; les coefficients de précision intra et inter dosages sont respectivement de 7 et 9 % pour le dosage d'extrait hypophysaire d'*A. anguilla* (DUFOUR *et al.*, 1983 ; DUFOUR, 1985).

Selon le protocole établi pour *A. anguilla*, les extraits hypophysaires ou les sérums d'anguilles de Tahiti sont dosés à des dilutions en cascade et en duplicat ; comme pour *A. anguilla*, le parallélisme des courbes d'inhibition de liaison produites par les extraits hypophysaires d'anguilles de Tahiti avec celle produite par la préparation de référence de GTH d'anguille européenne partiellement purifiée (ang GTH STD, DUFOUR *et al.*, 1983) est estimé par analyse de covariance, dans la partie linéaire des courbes. Le contenu en GTH des extraits hypophysaires est calculé de même par analyse de covariance relativement à ang GTH STD, puis estimé en équivalent de GTH purifiée de carpe (eq cGTH), d'après le rapport d'activité biologique et immunologique des deux préparations (DUFOUR *et al.*, 1983). La sensibilité du RIA est d'environ 0,06 ng eq cGTH (DUFOUR *et al.*, 1983 ; DUFOUR, 1985).

RIA de la gonadolibérine (GnRH)

Les différentes parties du cerveau ainsi que les hypophyses sont extraites dans 1 ml d'HCl 1 N par broyage au Miniturax ; les surnageants obtenus après centrifugation sont neutralisés puis congelés jusqu'au RIA.

Les extraits sont dosés, à des dilutions en cascade et en duplicat, dans un RIA de la GnRH mammalienne (mGnRH) précédemment établi (traceur = ^{125}I mGnRH ; immunsérum anti mGnRH = AS 4152-8) dont les caractéristiques et la spécificité ont été décrites (KERDELHUÉ, 1977, 1978). La validation de ce RIA pour le dosage de la GnRH de l'anguille européenne (qui montre une réaction croisée totale vis-à-vis de l'immunsérum) a été réalisée précédemment (DUFOR *et al.*, 1982, 1985).

Comme pour *A. anguilla*, le parallélisme des courbes d'inhibition de liaison produites par les extraits tissulaires d'anguilles de Tahiti avec celle produite par le standard mammalien est estimé par analyse de covariance, dans la partie linéaire des courbes, et le contenu en GnRH des extraits est ainsi calculé relativement au standard.

RÉSULTATS

Livrée

Toutes les anguilles capturées de l'espèce *A. marmorata* présentent un dos noir tacheté de verdâtre et un ventre gris clair bordé de bandes jaunes plus ou moins colorées. Les individus pêchés de l'espèce *A. obscura* ont le dos noir bronzé uni et un ventre gris clair bordé de jaune. Cette coloration de la peau du ventre des anguilles capturées des espèces *A. marmorata* et *A. obscura* rappelle la livrée dite « jaune » de l'anguille européenne, caractéristique du stade sédentaire dans les eaux continentales (tabl. I). Chez les anguilles de l'espèce *A. megastoma*, capturées en amont des cascades d'un torrent, tous les individus sauf un présentent un dos noir plus ou moins tacheté de jaune et un ventre gris jaunâtre, coloration rappelant aussi la livrée des anguilles jaunes européennes. En revanche, l'anguille n° 23 montre un dos foncé uni et un ventre blanc brillant argenté qui rappelle la livrée dite « argentée » de l'anguille européenne, caractéristique des animaux partant pour la migration de reproduction (tabl. I). Dans le cas des deux anguilles de l'espèce *A. megastoma* capturées dans le lac Vaihiria, l'une (n° 43) présente une livrée de type « argentée » (dos très foncé uni, ventre blanc argenté), et l'autre (n° 44) une livrée de type « jaune » (dos foncé plus ou moins tacheté, ventre jaunâtre) (tabl. I).

TABLEAU I. — Livrée et état des gonades des trois espèces d'anguilles, *A. marmorata*, *A. megastoma* et *A. obscura*, capturées à Tahiti en octobre 1984.

ESPÈCE ET LIEU DE CAPTURE	N°	$\frac{A-D}{L} \times 100$	ASPECT LIVRÉE	POIDS DU CORPS (g)	RGS (%)
<i>A. marmorata</i> ; rivière	1	14,8	jaune	96	< 0,1
	2	16,2	"	178	"
	3	17,0	"	326	"
	4	15,2	"	90	"
	5	17,7	"	48	"
	6	16,1	"	544	"
	7	14,5	"	525	"
	8	18,5	"	967	"
	9	18,1	"	1690	"
	10	16,2	"	1700	"
	11	17,6	"	1500	"
	12	17,5	"	4300	"
	13	18,0	"	2560	"
	14	18,2	"	1300	"
		$\bar{M} = 16,8$			
<i>A. megastoma</i> ; torrent, en amont des cascades	15	10,8	jaune	111	< 0,1
	16	11,8	"	64	"
	17	11,8	"	191	"
	18	12,0	"	233	"
	19	10,7	"	152	"
	20	11,7	"	190	"
	21	10,9	"	168	"
	22	10,1	"	639	"
	23	11,5	argentée	1750	1,22
	24	13,2	jaune	161	< 0,1
	25	11,4	"	110	"
	26	12,2	"	104	"
	27	12,0	"	57	"
		$\bar{M} = 11,5$			
<i>A. megastoma</i> ; lac Vaihiria	43	11,6	argentée	5950	2,86
	44	11,8	jaune	2564	0,58
<i>A. obscura</i> ; eau saumâtre	28	5,2	jaune	224	< 0,1
	29	2,5	"	347	"
	30	3,3	"	438	"
	31	4,5	"	327	"
	32	3,0	"	295	"
	33	5,3	"	675	"
	34	4,3	"	1125	0,5
	35	2,9	"	500	< 0,1
	36	4,5	"	312	"
	37	5,3	"	362	"
		$\bar{M} = 4,0$			

État des gonades

Chez la majorité des anguilles capturées des trois espèces, les gonades se présentent comme deux minuscules filaments : le RGS est inférieur à 0,1 % (tabl. I). L'examen

macroscopique ne permet pas de déterminer le sexe des animaux. Un examen microscopique a été effectué sur une anguille de l'espèce *A. megastoma* n° 22 : il montre la présence de gonies regroupées en nids ainsi que de petits ovocytes correspondant à un ovaire très peu développé.

Chez *A. marmorata*, seuls de faibles RGS ont été observés, même chez les plus grands individus (jusqu'à 4,3 kg). Chez *A. megastoma* et *A. obscura*, des RGS plus élevés ont été obtenus, correspondant aux animaux de poids les plus grands (corrélation poids du corps versus RGS pour chacune des deux espèces : $r = 0,95$, $p < 0,01$).

Parmi les anguilles de livrée jaune, deux individus de RGS de l'ordre de 0,5 % ont été capturés, l'un appartenant à l'espèce *A. obscura* (n° 34) et l'autre à l'espèce *A. megastoma* du lac Vaihiria (n° 44) (tabl. I). À l'examen macroscopique, les gonades de ces anguilles ressemblent aux ovaires peu développés d'anguille jaune européenne. L'examen microscopique (anguille n° 44) montre la présence de nombreux petits ovocytes prévitellogéniques, au cytoplasme très dense, sans vésicules lipidiques, avec un gros noyau contenant un gros et des petits nucléoles.

Les deux anguilles de livrée argentée appartenant toutes deux à l'espèce *A. megastoma*, l'une (n° 23), pêchée dans un torrent, et l'autre (n° 43), pêchée dans le lac Vaihiria, présentent des RGS nettement plus élevés, respectivement égaux à 1,22 % et 2,86 % (tabl. I). L'examen macroscopique des gonades montre qu'il s'agit d'ovaires plus développés que chez tous les autres individus capturés, mais encore immatures, rappelant les ovaires des anguilles argentées européennes. L'examen microscopique, dans le cas de l'anguille n° 23, montre des ovocytes en début de vitellogénèse lipidique, présentant des vésicules lipidiques dans le cytoplasme et un noyau avec des petits nucléoles en périphérie ; parmi ces ovocytes qui sont majoritaires, se trouvent également des ovocytes plus petits ne présentant pas ou très peu de vésicules lipidiques. Dans le cas de l'anguille n° 43, la majorité des ovocytes sont en début de vitellogénèse exogène, présentant de très nombreuses vésicules lipidiques, ainsi que des grains de vitellus dans le cytoplasme périphérique et une zona radiata bien visible.

Hormone gonadotrope hypophysaire et circulante

Les extraits d'hypophyses d'anguilles de Tahiti (*A. marmorata*, *A. megastoma* et *A. obscura*) produisent dans le RIA pour la cGTH β des courbes d'inhibition de liaison similaires à celle produite par la préparation de référence de GTH d'*A. anguilla* (ang GTH STD) (fig. 1) : les courbes atteignent un plateau (aux environs de 40 % de liaison) avant l'inhibition totale de la liaison ; elles présentent, dans leur partie linéaire, une pente plus faible que celle de la GTH de carpe (cGTH) mais égale à celle de l'ang GTH STD (parallélisme étudié par analyse de covariance : légende de la figure 1).

Les contenus hypophysaires en GTH des différents échantillons hypophysaires, déterminés dans le RIA, sont donnés dans le tableau II. Pour l'ensemble des anguilles tahitiennes étudiées, les valeurs du contenu hypophysaire en GTH sont comprises entre 0,4 et 572 ng eq cGTH/hypophyse, la majorité (65 %) des valeurs étant inférieures à 10 ng, une partie d'entre elles (27 %) étant comprises entre 10 et 100 ng, et seulement deux dépassant 100 ng. Les anguilles de RGS supérieur à 0,1 % ont toutes des teneurs hypophysaires supérieures à 10 ng, la plus forte valeur (572 ng) étant trouvée chez l'anguille de RGS le plus élevé (2,86 %). Les anguilles de RGS inférieur à 0,1 % ont, la plupart (78 %), une teneur hypophysaire en GTH inférieure à 10 ng, mais certaines présentent des teneurs plus élevées, supérieures à 10 ng

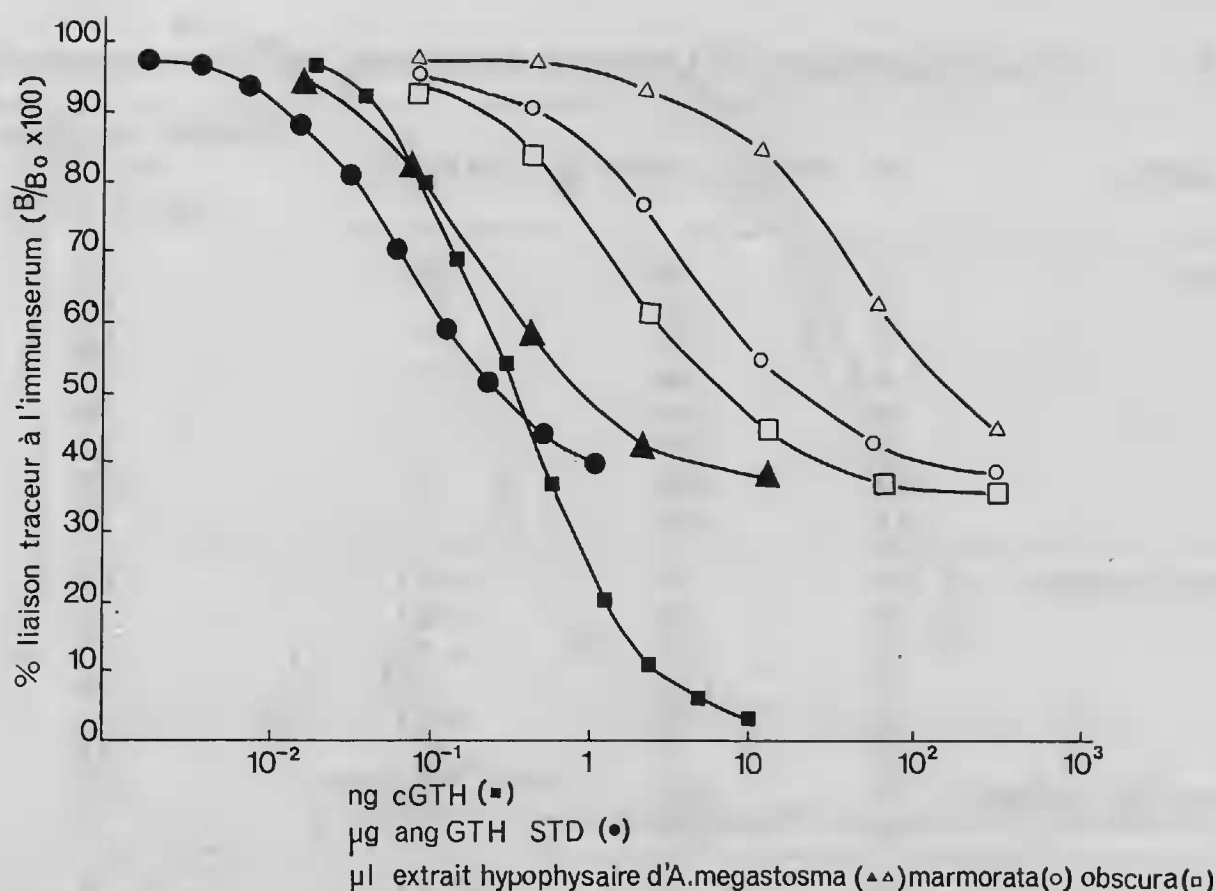


FIG. 1. — Courbes d'inhibition produites par les extraits hypophysaires d'anguilles de Tahiti (*A. marmorata*, *A. megastoma* et *A. obscura*) dans le RIA pour la sous-unité β de le GTH de carpe.

GTH purifiée de carpe (cGTH) : ■. GTH partiellement purifiée d'*Anguilla anguilla* (préparation de référence ang GTH STD) : ●. Extrait hypophysaire d'*A. marmorata* n° 14 : ○ ; d'*A. megastoma* du torrent n° 26 : △ ; d'*A. megastoma* du lac Vaihiria n° 43 : ▲ ; d'*A. obscura* n° 28 : □.

Dans leur partie linéaire, les courbes d'inhibition de liaison (% liaison-log dose) produites par les extraits hypophysaires d'anguilles de Tahiti sont parallèles à celle du standard ang GTH STD (étude par analyse de covariance) : standard ang GTH STD : pente = -32 ; extrait hypophysaire : d'*A. marmorata* n° 14 : pente = -31, parallèle au standard ($p > 0,25$), d'*A. megastoma* n° 26 : pente = -32, parallèle au standard ($p > 0,25$), d'*A. megastoma* n° 43 : pente = -27, parallèle au standard ($p > 0,1$), d'*A. obscura* n° 28 : pente = -28, parallèle au standard ($p > 0,1$).

(n°s 14, 28, 35), ou à 100 ng (n° 12). Une corrélation positive significative entre le contenu hypophysaire en GTH et le RGS est trouvée dans l'espèce *A. megastoma* ($r = 0,96$, $p < 0,01$) mais pas dans l'espèce *A. obscura* ($r = 0,2$) ; elle ne peut être étudiée chez *A. marmorata* chez laquelle tous les individus ont un RGS inférieur à 0,1 %. En fonction du poids du corps, une corrélation positive significative avec le contenu hypophysaire en GTH est trouvée dans le cas des espèces *A. marmorata* ($r = 0,92$, $p < 0,01$) et *A. megastoma* ($r = 0,91$, $p < 0,01$) mais pas chez *A. obscura* ($r = 0,2$).

En ce qui concerne la teneur en GTH circulante, aucune inhibition significative de la liaison du traceur à l'immunsérum n'a, en revanche, été observée jusqu'à la dose de sérum maximale étudiée (300 µl) ; ce résultat indique, pour tous les animaux étudiés, des teneurs en GTH sérique inférieures ou égales à 0,2 ng eq cGTH/ml.

TABLEAU II. — Contenus hypophysaires en GTH chez des anguilles des trois espèces de Tahiti.

ESPÈCE	N°	POIDS DU CORPS (g)	RGS (%)	CONTENU HYPOPHYSAIRE EN GTH (ng eq cGTH)
<i>A. marmorata</i>	1	96	< 0,1	2,3
	2	178	"	1,5
	5	48	"	1,3
	6	544	"	8,5
	8	967	"	4,8
	10	1700	"	3,1
	12	4300	"	204
	14	1300	"	32
<i>A. megastoma</i> (torrent)	18	233	< 0,1	1,8
	19	152	< 0,1	4,7
	22	639	< 0,1	0,4
	23	1750	1,22	86
	26	104	< 0,1	3,6
	27	57	< 0,1	0,8
	27	57	< 0,1	0,8
<i>A. megastoma</i> (lac Vaihiria)	43	5950	2,86	572
	44	2564	0,58	11
<i>A. obscura</i>	28	224	< 0,1	88
	30	438	< 0,1	3,6
	32	295	< 0,1	0,8
	34	1125	0,5	22
	35	500	< 0,1	16
	37	362	< 0,1	8,1

Gonadolibérine cérébrale et hypophysaire

Les extraits des cerveaux d'anguilles de Tahiti (*A. marmorata*, *A. megastoma* et *A. obscura*) montrent une réaction croisée complète vis-à-vis de l'immunsérum anti GnRH mammalienne ; en effet, ils produisent dans le RIA pour la GnRH mammalienne des courbes d'inhibition parallèles à celle du standard mammalien (parallélisme étudié par analyse de covariance : légende de la figure 2). Chez les individus des trois espèces, le cerveau contient entre 1,2 et 3,1 ng GnRH (légende de la figure 2 et tableau III) ; la GnRH est trouvée dans les différentes parties du cerveau et principalement dans le di- et mésencéphale ainsi que dans le télencéphale et les lobes olfactifs (tabl. III). La GnRH a été également dosée dans l'hypophyse qui contient, chez les individus des trois espèces, de 0,2 à 1 ng GnRH (tabl. III).

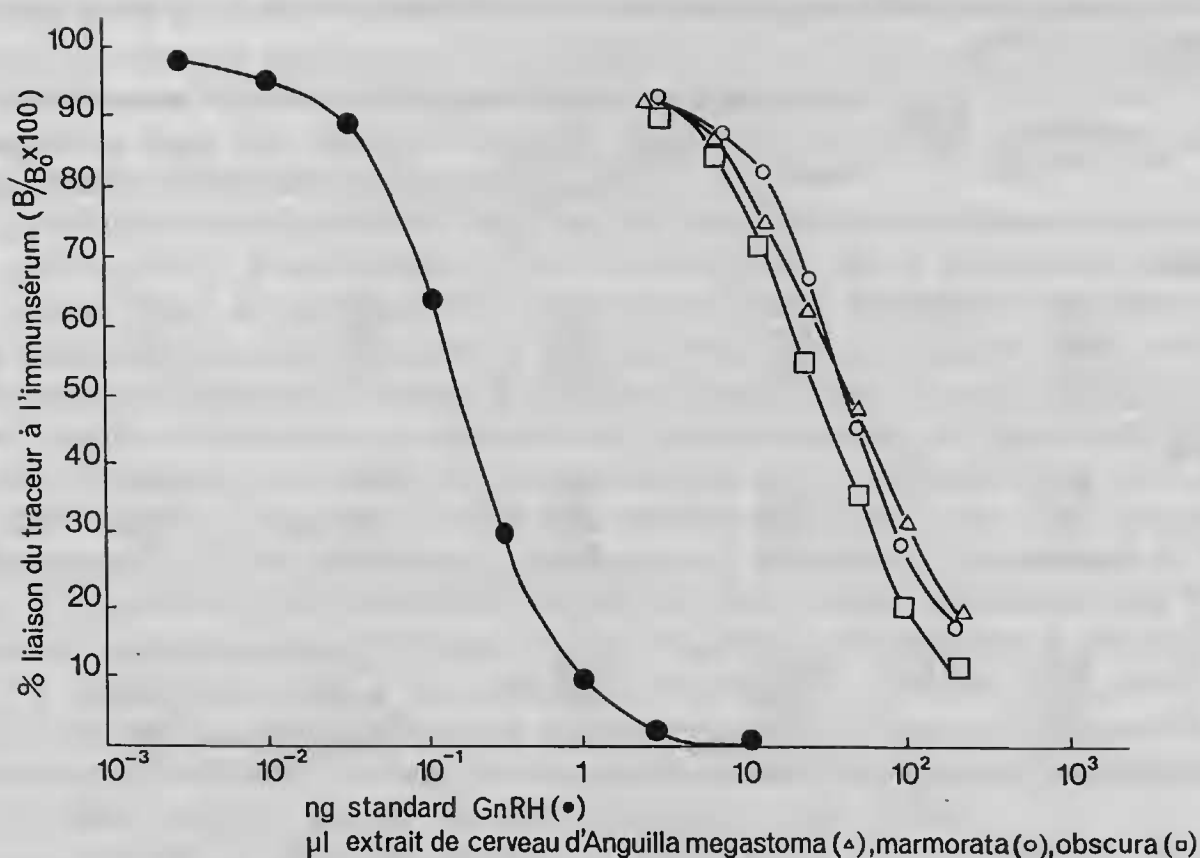


FIG. 2. — Courbes d'inhibition produites dans le RIA pour la GnRH mammalienne par des extraits de cerveaux d'anguilles de Tahiti (*A. marmorata*, *A. megastoma* et *A. obscura*).

GnRH de mammifère (Hoffman-Laroche) : ●. Extraits de cerveaux d'*A. marmorata* (cerveaux réunis des anguilles n^{os} 6, 8, 10) : ○, d'*A. megastoma* (cerveaux réunis des anguilles n^{os} 18, 19, 22) : △, d'*A. obscura* (cerveaux réunis des anguilles n^{os} 32, 33, 37) : □.

Dans leur partie linéaire, les courbes d'inhibition de liaison (% liaison-log dose) produites par les extraits de cerveaux d'anguilles de Tahiti sont parallèles à celle du standard mammalien (étude par analyse de covariance) : GnRH de mammifères : pente = -54. Extrait de cerveaux : d'*A. marmorata* : pente = -54, parallèle au standard ($p > 0,1$) ; contenu en GnRH : 1,4 ng/cerveau. Extrait de cerveaux d'*A. megastoma* : pente = -48, parallèle au standard ($p > 0,1$) ; contenu en GnRH : 1,5 ng/cerveau. Extrait de cerveaux d'*A. obscura* : pente = -57, parallèle au standard ($p > 0,25$) ; contenu en GnRH : 2,1 ng/cerveau.

DISCUSSION

Parmi toutes les anguilles capturées à Tahiti, la majorité d'entre elles présentent une livrée similaire à la livrée « jaune » des anguilles européennes ; seuls deux individus (2 femelles de l'espèce *A. megastoma*) ont une livrée similaire à la livrée « argentée » des anguilles européennes. C'est précisément chez ces deux animaux que nous avons observé les valeurs les plus élevées des RGS (1,22 % et 2,86 %). Ces résultats suggèrent que chez *A. megastoma* comme chez l'anguille européenne *A. anguilla*, le changement de livrée correspond à d'autres modifications anatomiques et physiologiques et en particulier à un développement ovarien significatif. Ce développement ovarien peut même être plus important que chez l'anguille argentée européenne : en effet, chez l'anguille argentée européenne capturée dans les eaux

TABLEAU III. — Contenu en GnRH dans l'hypophyse et les différentes parties du cerveau d'anguilles des trois espèces de Tahiti.

ESPÈCE ET N°	POIDS DU CORPS (g)	RGS %	CONTENU EN GnRH (pg GnRH standard mammalien) dans :				
			hypophyse	lobes olfactifs et télencéphale	di- et mésencéphale	met- et myélencéphale	cerveau total (calculé)
<i>A. marmorata</i>							
3	326	< 0,1	260	373	406	759	1538
4	90	"	450	341	705	176	1222
7	525	"	524	238	876	177	1291
<i>A. megastoma</i>							
17	191	< 0,1	415	559	1054	247	1860
20	190	"	213	550	727	294	1571
21	168	"	602	833	1705	279	2817
<i>A. obscura</i>							
29	347	< 0,1	1050	1828	337	215	2380
31	327	"	264	807	1032	339	2178
36	321	"	659	866	1955	332	3153

continentales, le RGS est compris entre 1 % et 2,2 % alors que chez *A. megastoma* capturée dans le lac Vaihiria, il peut atteindre des valeurs plus élevées (RGS = 2,86 % pour l'anguille n° 43 de la présente étude, RGS = 3,3 %, G. MARQUET, données inédites). Ce développement ovarien, indiqué par la valeur du RGS, est confirmé par l'étude histologique qui montre des ovocytes en cours de vitellogénèse exogène. De tels animaux offrent la possibilité d'étudier un stade de la vitellogénèse un peu plus avancé que ceux observés jusqu'à ce jour chez *A. anguilla* en l'absence de traitements hormonaux. Toutefois, rappelons que ces ovaires sont encore très immatures, étant donné que la maturation expérimentale d'*A. anguilla* correspond à des RGS de 20 à 60 % (FONTAINE *et al.*, 1964).

Chez les anguilles de Tahiti observées dans cette étude, non seulement toutes les anguilles jaunes mais aussi les deux anguilles argentées s'alimentaient abondamment. Ce résultat diffère des observations faites chez l'anguille européenne qui cesse de s'alimenter lors du passage du stade jaune au stade argenté. Cette différence est peut-être liée à la sédentarité des deux anguilles argentées capturées à Tahiti, alors que chez les anguilles européennes, l'argenture coïncide avec le déclenchement de la migration catadrome. Dans notre étude aucune anguille migrante n'a été observée et rien n'est encore connu sur le retour à l'océan des anguilles de Tahiti.

Chez les anguilles de livrée jaune, deux individus (*A. megastoma* n° 44 et *A. obscura* n° 34) présentent un RGS d'environ 0,5 % ; l'étude histologique montre la présence de petits ovocytes prévitellogéniques, similaires à ceux observés dans l'ovaire d'anguille jaune européenne au stade 3 par COLOMBO *et al.* (1984). Toutes les autres anguilles de livrée jaune ont un RGS très faible (inférieur à 0,1 %) ; l'examen histologique montre un ovaire très peu développé, correspondant au stade 1 de l'ovaire d'anguille jaune européenne, décrit par COLOMBO *et al.* (1984). Il est intéressant de noter que ce très faible développement gonadique,

trouvé dans le cas de l'espèce européenne chez des animaux de moins de 45 cm (cf. COLOMBO *et al.*, 1984), est observé, dans le cas des anguilles de Tahiti, même chez des animaux de très grande taille (jusqu'à plusieurs kilogrammes de poids corporel et plus de 1,50 m de longueur) ; cette situation peut être favorable à des études ultérieures sur les stades précoces de développement des gonades de l'anguille.

L'hypophyse des trois espèces d'anguilles de Tahiti contient un facteur immunoréactif très proche de l'hormone gonadotrope (GTH) d'*A. anguilla*, car il présente la même réaction croisée (même pente de la régression, même plateau avant l'inhibition complète de liaison), dans le dosage radioimmunologique de la sous-unité β de la GTH de carpe. Les hormones gonadotropes des différentes espèces d'anguilles doivent donc être très similaires puisque le RIA est capable de mettre en évidence des variations entre les hormones de différents téléostéens (DUFOUR *et al.*, 1979 ; BURZAWA-GÉRARD *et al.*, 1980 ; DUFOUR *et al.*, 1983). Ce RIA, validé pour le dosage de la GTH d'*A. anguilla* (DUFOUR *et al.*, 1983) permet donc de doser également la GTH des espèces tahitiennes, en se référant au standard de GTH d'*A. anguilla*. Le contenu hypophysaire en GTH est compris entre moins de 1 ng et plusieurs centaines de nanogrammes avec d'importantes variations individuelles, un résultat tout à fait similaire à celui obtenu chez *A. anguilla* jaune ou argentée (DUFOUR *et al.*, 1983 ; DUFOUR, 1985). Ces valeurs, n'atteignant jamais le microgramme, indiquent une faible synthèse de GTH hypophysaire, comme chez *A. anguilla* et, contrairement à la situation chez d'autres espèces, même au stade juvénile, comme la carpe (DUFOUR *et al.*, 1986).

Dans le sérum, la GTH n'a pu être détectée, ce qui indique des taux circulants bas, inférieurs ou égaux à 0,2 ng par ml, comme chez *A. anguilla* jaune ou argentée (DUFOUR *et al.*, 1983). Ces résultats indiquent, chez les anguilles de Tahiti, une faible activité gonadotrope hypophysaire probablement responsable de l'immaturité sexuelle de ces animaux comme dans le cas de l'anguille européenne. Il faut noter qu'une teneur plasmatique faible (inférieure à 0,2 ng par ml) est obtenue même chez l'anguille du lac Vaihira, de RGS 2,86 % qui présente la teneur hypophysaire en GTH la plus élevée. Il est possible que le léger développement ovarien de cette anguille résulte d'une sécrétion de GTH sous forme de décharges pulsatiles rares comme cela a été montré par ZOHAR *et al.* (1982) chez la truite adulte cyclique en début de vitellogénèse : de telles pulsations pourraient échapper en effet à l'analyse ponctuelle sur le sang collecté au moment du sacrifice ; l'intervention d'un autre facteur hypophysaire, facilitant la stimulation de la vitellogénèse, peut également être envisagée (BURZAWA-GÉRARD et DUMAS-VIDAL, 1984).

Le cerveau et l'hypophyse des trois espèces d'anguilles de Tahiti contiennent un facteur immunoréactif qui, comme dans le cas d'*A. anguilla*, présente une réaction croisée complète dans le RIA pour la GnRH mammalienne. Il est intéressant de noter que ce résultat confirme l'existence, chez le genre *Anguilla*, d'un facteur de type GnRH très proche du GnRH mammalien. En revanche, un tel facteur n'est pas trouvé dans le cerveau des cyprinidés et salmonidés (DUFOUR et KERDELHUÉ, données inédites). À l'inverse, ceux-ci possèdent la forme de GnRH du saumon décrite par SHERWOOD *et al.* (1983), qui est retrouvée chez toutes les espèces de téléostéens étudiées mais non chez l'anguille (DUFOUR, KAH, BRETON, données inédites).

La répartition et les teneurs de la GnRH dans le cerveau et dans l'hypophyse sont du même ordre de grandeur chez les trois espèces d'anguilles de Tahiti et similaires aux données obtenues chez *A. anguilla* (DUFOUR *et al.*, 1982). Rappelons que la présence de GnRH en forte

concentration dans l'hypophyse est due à l'innervation directe, chez les téléostéens, de l'adénohypophyse par les terminaisons des axones hypothalamiques. Chez *A. anguilla*, nous avons montré que les teneurs en GnRH cérébrale et hypophysaire n'étaient pas différentes chez des anguilles argentées de RGS égal à $1,37 \% \pm 0,03$ et chez des anguilles jaunes de RGS égal à $0,56 \% \pm 0,09$ (DUFOR, 1985). La présente étude a permis de réaliser des dosages sur des animaux de RGS beaucoup plus bas (inférieur à $0,1 \%$) : ces résultats, similaires à ceux obtenus chez *A. anguilla* de RGS plus élevé, suggèrent que le système à GnRH a déjà atteint, à un stade très précoce du développement gonadique, le même niveau d'organisation que chez l'anguille européenne argentée.

En conclusion, sur la quarantaine d'anguilles des trois espèces tahitiennes, capturées au cours du mois d'octobre 1984, la majorité étaient des anguilles jaunes aux gonades extrêmement peu développées (RGS inférieur à $0,1 \%$). Deux femelles jaunes de RGS plus élevé ($0,5 \%$), appartenant aux espèces *A. megastoma* et *A. obscura*, ont été observées ainsi que deux femelles argentées de RGS $1,22 \%$ et $2,86 \%$ appartenant à l'espèce *A. megastoma*. Aucun mâle n'a été identifié. Chez ces anguilles tahitiennes, l'activité de l'axe hypothalamo-hypophysaire gonadotrope est tout à fait similaire à celle observée chez l'anguille européenne jaune ou argentée ; la synthèse d'hormone gonadotrope par l'hypophyse est faible et sa libération indétectable ; un facteur semblable au GnRH mammalien est présent dans le cerveau et dans l'hypophyse, avec une concentration et une répartition similaires à celles trouvées chez *A. anguilla*. Des captures, effectuées à différentes périodes de l'année, permettraient d'étudier des variations éventuelles dans la proportion relative des anguilles jaunes et argentées, de rechercher la présence d'anguilles mâles développées et d'observer une migration catadrome. Cette étude pourrait déterminer à quelle époque de l'année et à quel stade du développement ovarien les anguilles tahitiennes entament leur migration de reproduction océanique.

Remerciements

Cette étude a été réalisée grâce à une mission à Tahiti accordée à N. LE BELLE par l'Antenne du Muséum national d'Histoire naturelle et de l'École Pratique des Hautes Études ; le travail a été soutenu par des contrats du Muséum national d'Histoire naturelle (AS Neuropeptides), du PIRO-CNEXO (ATP « Bases biologiques de l'Aquaculture ») et du CNRS (APT « Biologie de la Reproduction et du Développement »). Nous exprimons notre gratitude à MM. les Drs. B. SALVAT et M. RICARD qui ont permis et organisé cette mission. Nous remercions M. le Directeur scientifique P. ERNOULT (IFREMER) et M. le Médecin Colonel RIBA-ADELL (SMCB) pour l'accueil qu'ils nous ont réservé dans leurs laboratoires et pour leur aide. La cGTH β et l'immunsérum contre la cGTH β utilisés pour le RIA de la GTH nous ont été amicalement fournis par les Drs. E. BURZAWA-GÉRARD et B. KERDELHUÉ. Nous remercions également les Drs. F. LE MENN et J. NUNEZ-RODRIGUEZ pour leurs conseils scientifiques, S. BALOCHE et V. LENOIR pour leur aide dans la réalisation des RIA, F. LALLIER pour les préparations histologiques, J. ALGRET pour sa participation à la pêche électrique des anguilles, ainsi que F. LIERON pour sa participation à la réalisation de ce manuscrit.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABRAHAM, M., V. HILGE, S. LISON, et H. TIBIKA, 1984. — The cellular envelope of Oocyte in Teleosts. *Cell. Tissue Res.*, **235** : 403-410.
- BURZAWA-GÉRARD, E., et A. DUMAS-VIDAL, 1984. — Hypophyses et contrôle de la synthèse de vitellogénine chez l'anguille, *Anguilla anguilla*. Résumés de la réunion sur la Physiologie des Poissons, Paimpont, octobre 1984, INRA, p. 21.
- BURZAWA-GÉRARD, E., et B. KERDELHUÉ, 1978. — Étude par radioimmunologie des propriétés des immunsérums de l'hormone gonadotrope de la carpe (*Cyprinus carpio*) et de ses sous-unités. *Annls Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **18** : 773-780.
- BURZAWA-GÉRARD, E., S. DUFOUR, et Y. A. FONTAINE, 1980. — Relations immunologiques entre les hormones glycoprotéiques hypophysaires de Poissons et de Mammifères, ainsi qu'entre leurs sous-unités α et β . *Gen. comp. Endocrinol.*, **41** : 199-211.
- COLOMBO, G., G. GRANDI, et R. ROSSI, 1984. — Gonad differentiation and body growth in *Anguilla anguilla* L. *J. Fish. Biol.*, **24** : 215-228.
- DUFOUR, S., 1985. — La fonction gonadotrope de l'anguille européenne, *Anguilla anguilla* L., au stade argenté (au moment du départ pour la migration de reproduction) : les mécanismes de son blocage et sa stimulation expérimentale. Thèse de doctorat d'État. Université Paris VI, 158 p.
- 1986. — La saga des anguilles. *La Recherche*, **182** : 1456-1459.
- DUFOUR, S., E. BURZAWA-GÉRARD, et Y. A. FONTAINE, 1979. — Évolution des hormones glycoprotéiques hypophysaires : données radioimmunologiques sur les sous-unités de l'hormone gonadotrope de la carpe (*Cyprinus carpio* L.). *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris, sér. D*, **289** : 137-140.
- DUFOUR, S., C. PASQUALINI, B. KERDELHUÉ, et Y. A. FONTAINE, 1982. — Presence and distribution of radioimmunoassayable LHRH in the european eel, *Anguilla anguilla*. *Neuropeptides*, **3** : 159-171.
- DUFOUR, S., N. DELERUE-LE BELLE, et Y. A. FONTAINE, 1983. — Development of a heterologous radioimmunoassay for eel (*Anguilla anguilla*) gonadotropin. *Gen. comp. Endocrinol.*, **49** : 404-413.
- DUFOUR, S., Y. A. FONTAINE, et B. KERDELHUÉ, 1985. — Increase in brain and pituitary radioimmunoassayable gonadotropin releasing hormone (GnRH) in the european silver eel treated with sexual steroid or human chorionic gonadotropin. *Neuropeptides*, **6** : 495-502.
- DUFOUR, S., N. DELERUE-LE BELLE, et Y. A. FONTAINE, 1986. — Contrôle neuroendocrine de la fonction gonadotrope chez deux poissons juvéniles, l'anguille et la carpe. Résumés du Colloque national des Neurosciences, Bordeaux, F17.
- EGE, W., 1939. — A revision of the genus *Anguilla* shaw, a systematic, phylogenetic and geographical study. *Dana Rep.*, **16** : 1-256.
- FONTAINE, M., E. BERTRAND, E. LOPEZ, et O. CALLAMAND, 1964. — Sur la maturation des organes génitaux de l'anguille femelle, *Anguilla anguilla* L., et l'émission spontanée des œufs en aquarium. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **259** : 2907-2910.
- FONTAINE, Y. A., E. LOPEZ, N. DELERUE-LE BELLE, E. FONTAINE-BERTRAND, F. LALLIER, et C. SALMON, 1976. — Stimulation gonadotrope de l'ovaire chez l'anguille (*Anguilla anguilla*) hypophysectomisée : morphologie, activités adényl-cyclase et phosphodiesterase de l'AMP cyclique. *J. Physiol. Paris*, **72** : 871-892.
- KERDELHUÉ, B., 1977. — Some immunological aspects of recently identified neurosecretory peptides with special reference to Thyrotropin Releasing Hormone (TRH) and Luteinizing Hormone Releasing Hormone (LHRH). In : « La Biologie cellulaire des processus neurosécrétoires hypothalamiques ». (J. D. VINCENT ed.). Paris, CNRS, 289-307.

- 1978. — Aspects radioimmunologiques des neuropeptides. *Bull. schweiz. Akad. Med. Wiss.*, **34** : 79-91.
- LE MEN, F., 1984. — Aspects ultrastructuraux, biochimiques et endocriniens de la vitellogénèse chez un Téléostéen marin, *Gobius niger* L. Thèse de doctorat d'État, Université de Bordeaux I, 194 p.
- MARQUET, G., 1985. — Les anguilles. In : Encyclopédie Polynésienne. Tahiti, **2** : 92-93.
- 1986. — Les anguilles de Tahiti : des travaux de J. Schmidt (1927) aux acquisitions récentes. *Bull. Soc. Études océan.*, **235** : 23-39.
- À paraître. — Périlogie des anguilles de Tahiti-Moorea. Diplôme ÉPHÉ Paris.
- MARQUET, G., et P. LAMARQUE, 1985. — Acquisitions récentes sur la biologie des anguilles de Tahiti-Moorea (Polynésie Française) : *A. marmorata*, *A. megastoma*, *A. obscura*. *Vie Milieu*, **36** (4) : 311-315.
- NAGAHAMA Y., 1983. — The fonctional morphology of Teleost gonads. In : Fish Physiology. (W. S. HOAR, D. J. RANDALL et E. M. DONALDSON eds.) New York, Academic Press, **9 A** : 223-275.
- SHERWOOD, N., L. EIDEN, M. BROWNSTEIN, J. SPIESS, J. RIVIER, et W. VALE, 1983. — Characterization of a Teleost gonadotropin-releasing hormone. *Proc. Natn. Acad. Sci., U.S.A.*, **80** : 2794-2798.
- ZOHAR, Y., B. BRETON, et A. FOSTIER, 1982. — Gonadotropic function during the reproductive cycle of the female rainbow trout, *Salmo gairdneri*, in relation to ovarian steroid secretion : *in vivo* et *in vitro* studies. *Proc. int. Symposium on Reproductive Physiology of Fish*, Wageningen, The Netherlands (C. J. J. RICHTER and H. J. Th. GOOS eds.). Pudoc, Wageningen : 14-18.



Achevé d'imprimer le 27 juillet 1988.

Le Bulletin du 4^e trimestre de l'année 1987 a été diffusé le 10 juin 1988.

IMPRIMERIE NATIONALE

8 564 001 5